

## **ESTUDO DA AMPLITUDE TÉRMICA MENSAL NAS MANTAS ASFÁLTICAS NA CIDADE DE BRASÍLIA NO ANO DE 2013**

**IRENE DE AZEVEDO LIMA JOFFILY (1)**

**ALLAN ROCHA ARAUJO (2)**

**GUSTAVO APOLINÁRIO ARAGÃO (3)**

(1) Professora Mestre do UniCeub, Especialista em Impermeabilização - IDD/Virtus Soluções

(2) Especialista em Impermeabilização - IDD/ Vedacit

(3) Engenheiro Civil - UniCeub

### **RESUMO**

Este trabalho visou determinar quais das mantas asfálticas apresenta menores amplitudes térmicas quando submetidas a diferentes condições de exposição na cidade de Brasília no ano de 2013. Foram avaliadas as mantas asfálticas autoprotegidas (aluminizadas e ardosiadas) e a manta asfáltica tradicional, com e sem isolamento térmico abaixo da camada de proteção mecânica. Para efeito de comparação, também foi estudada a manta asfáltica exposta, apesar de, na prática, não ser recomendada. Todas as mantas foram colocadas em área externa expostas às intempéries, no Laboratório de Materiais do Centro Universitário de Brasília. A temperatura nas diferentes mantas asfálticas foi monitorada diariamente, durante doze meses, utilizando sensores termopares. Os resultados obtidos indicaram que a presença da camada de isolamento térmico não diminui significativamente a variação da temperatura na manta asfáltica, entretanto, retarda de forma significativa o fluxo de calor entre o contrapiso e a manta, resultando em um melhor conforto térmico. Entre as mantas autoprotegidas, observou-se que as aluminizadas absorvem menos calor em situações de alta incidência solar quando comparada à manta ardosiada.

*Palavra-Chave: impermeabilização; manta asfáltica; temperatura.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de impermeabilização utilizados em áreas externas estão sujeitos a envelhecimento natural devido a variações de temperatura a que estão submetidos. Em alguns casos, recomenda-se a utilização de isolamento térmico, sendo que a norma da ABNT NBR 9575 (2010) define camada de proteção térmica como sendo o estrato capaz de reduzir o gradiente de temperatura atuante sobre a camada impermeável, protegendo-a contra os efeitos danosos do calor excessivo.

Sistemas asfálticos de impermeabilização que apresentam menores variações de temperatura quando expostos às intempéries terão maior durabilidade, além de maior conforto térmico e redução nos gastos com energia.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo determinar a variação de temperatura, ao longo de um ano, nas diferentes mantas asfálticas quando expostas às intempéries. As mantas asfálticas serão instaladas nas seguintes condições: exposta, com isolamento térmico e proteção mecânica e somente proteção mecânica. Também serão estudadas as mantas asfálticas autoprotegidas com acabamento em alumínio e em grãos de ardósia.

A temperatura nas diferentes mantas asfálticas será medida ao longo do dia (manhã e tarde), durante 12 meses, utilizando sensores termopares. As mantas ensaiadas são as descritas anteriormente e submetidas à exposição na cidade de Brasília. A temperatura ambiente também será monitorada por termômetro digital.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Impermeabilização

A norma da ABNT de Impermeabilização – Seleção e Projeto, NBR 9575 (2010), define impermeabilização como um conjunto de operações e técnicas construtivas, composto por uma ou mais camadas, que tem função de proteger as construções contra a ação deletéria dos fluidos, vapores e umidade.

Picchi (1986) considera a impermeabilização como um serviço especializado dentro da construção civil, sendo necessária uma razoável experiência, aonde os detalhes assumem um papel importante e qualquer falha, mesmo localizada, pode comprometer todo o serviço.

De acordo com a norma NBR 9575 (ABNT, 2010), o sistema de impermeabilização é composto por camadas consideradas auxiliares e complementares à impermeabilização, são elas: regularização do substrato; imprimação; camada berço; camada de amortecimento; camada drenante; camada separadora; proteção mecânica e proteção térmica.

Cunha e Neumann (1979) afirmam que o betume asfáltico sofre deterioração acentuada quando exposto ao sol (raios infravermelhos e ultravioletas), bem como em contato com o oxigênio, ozônio e a variações de temperatura. A Figura 1 apresenta exemplos de mantas com processo de degradação destes fatores.



**Figura 1:** Mantas asfálticas sem proteção mecânica

Portanto, deve-se executar proteção mecânica e, em algumas situações, recomenda-se a utilização de camada de isolamento térmico. Essa camada tem a função de reduzir o gradiente de temperatura atuante sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra os efeitos danosos do calor excessivo (NBR 9575, 2010).

Conforme Arantes (2007), o isolamento térmico atua como barreira térmica, além de diminuir o fluxo de calor para dentro da edificação e atuar como elemento de estabilização térmica da estrutura, retardando o envelhecimento da camada impermeabilizante. Os materiais geralmente utilizados como isolante são isopor (EPS ou XPS), vermiculita e concreto celular.

Picchi (1986) cita que, na década de 70, a impermeabilização nas lajes de coberturas era executada sobre a camada de isolamento térmico, ficando a impermeabilização exposta à insolação térmica.

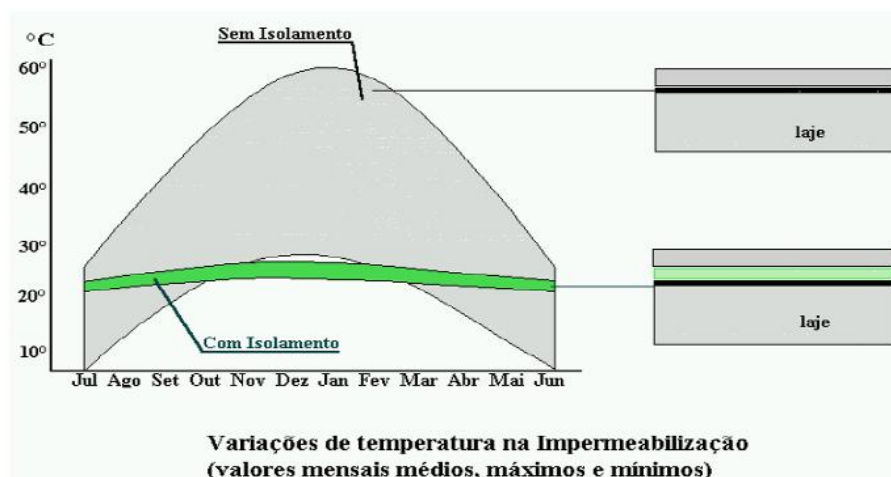
No final da década de 70, conforme Cunha e Neumann (1979), em um simpósio nos Estados Unidos demonstraram o erro do procedimento tradicional, provando as vantagens da execução do “sistema invertido”, ou seja, onde o isolamento térmico é colocado sobre a impermeabilização.

Segundo Pichi (1986), o “sistema invertido” só foi possível de ser utilizado a partir do aparecimento de novos materiais de isolamento térmico, menos absorventes. Desde então, é esse o sistema mais utilizado no Brasil em lajes de cobertura, apresentando as seguintes vantagens:

- Dispensa o uso de barreira de vapor;
- Possibilita o uso da impermeabilização aderente, facilitando a localização das falhas na camada impermeável;
- Protege a impermeabilização termicamente, o que contribui para o aumento da sua durabilidade.

Cunha e Neumann (1979) citam um exemplo de uma laje durante o verão onde a membrana de impermeabilização quando executada sobre o isolamento térmico, pode atingir 60°C e, no caso inverso, isolamento sobre impermeabilização, somente 25 a 30°C. E a membrana impermeável exposta, pode atingir 50°C.

De acordo com Granato (2013), as temperaturas na impermeabilização, quando colocada sob um isolamento térmico, resultam em menores variações, como pode ser visto na Figura 2.



**Figura 2:** Variações de temperatura na impermeabilização  
Fonte: Granato (2013)

## 2.2 Desempenho dos materiais

Muito se tem falado sobre o desempenho dos materiais na indústria da construção civil em virtude da publicação da norma de desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013). O texto apresenta níveis de desempenho mínimo ao longo da vida útil para os principais constituintes de uma edificação habitacional.

Branco, Paulo e Garrido (2013) apresentam a definição de vida útil de uma construção ou elemento, retirada da norma ASTM E643-81 (1981), como o período, depois de posta em serviço, durante o qual todas as suas propriedades relevantes estão acima de níveis mínimos aceitáveis, considerando as atividades de manutenção necessárias.

A norma NBR 15.575 (ABNT, 2013) apresenta um conceito muito similar, indicando que a realização das manutenções é necessária para garantir a vida útil de projeto (VUP). Porém, no caso da impermeabilização com manta asfáltica, Antunes (2004) comenta que não existe manutenção preventiva. O que se deve fazer é estimar a vida útil do sistema e, após este período, a impermeabilização deve ser refeita.

De acordo com Picchi (1986), o estabelecimento da vida útil de uma edificação, assim como dos seus componentes, é uma questão complexa e, por isso, poucas entidades conseguiram estabelecer parâmetros.

O guia CBIC (2013) sobre a nova norma de desempenho para os sistemas utilizados na construção civil no Brasil, NBR 15575 (2013), recomenda a uma vida útil de projeto mínima para as diversas partes do edifício, inclusive para impermeabilização, como pode ser observado na Tabela 1.

Yazigi (2009) comenta que as estruturas estão sujeitas a variações de temperatura do ambiente, o que resulta em esforços de tração e de compressão. A temperatura sofre ciclos de variação do dia para a noite e do verão para o inverno. A temperatura alcançada em uma laje de cobertura é função da cor do revestimento, do tipo e espessura da camada isolante e de outras condições, tais como: intensidade do vento, inclinação da laje etc..

**Tabela 1:** Exemplos de VUP

Parte da edificação	Exemplos	VUP (Anos)		
		Mínimo	Intermediário	Superior
<b>Impermeabilização manutenível sem quebra de revestimentos</b>	Impermeabilização de caixa d'água interna, jardineiras, áreas externas com jardins, coberturas não utilizáveis, calhas e outros	$\geq 8$	$\geq 10$	$\geq 12$
<b>Impermeabilização manutenível somente com a quebra dos revestimentos</b>	Impermeabilizações de áreas internas, de piscina, de áreas externas com pisos, de coberturas utilizáveis, rampas de garagem, etc.	$\geq 20$	$\geq 25$	$\geq 30$

Fonte: Guia CBIC com adaptações.

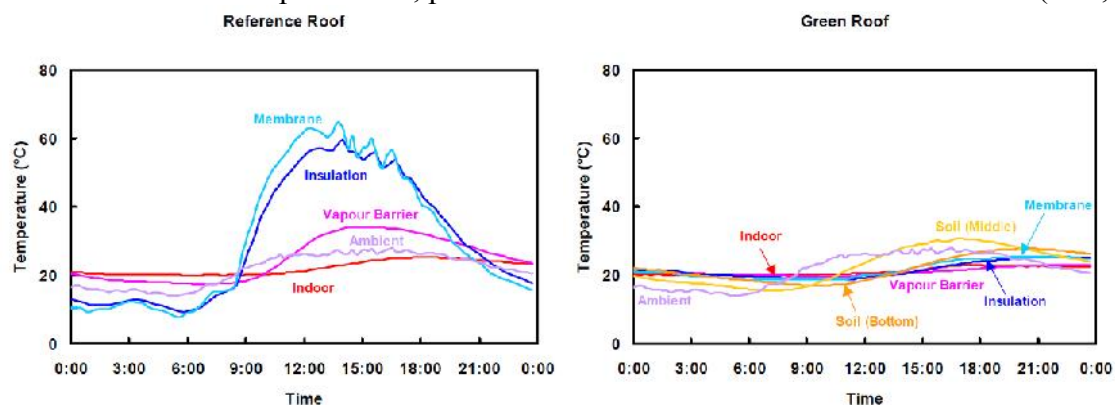
De acordo com Araújo (2003), a utilização da camada de isolamento térmico sobre a impermeabilização constitui uma etapa importante na construção, visto que ela atende a três funções básicas: o conforto, a economia de energia e a estabilidade da estrutura, com consequente aumento da vida útil dos componentes da edificação, ampliando sensivelmente a durabilidade da impermeabilização.

Para Cunha e Neumann (1979), o isolamento térmico sobre as membranas impermeáveis deve ser recomendado quando se deseja a máxima vida útil da impermeabilização. De acordo com esses autores, a vida útil da impermeabilização é função da variação da temperatura a que será submetida.

Essa temperatura, porém, varia em função do tipo de acabamento superficial, como no caso das mantas autoprotegidas, além da utilização ou não das camadas de proteção mecânica e isolamento térmico.

Liu (2003) realizou um estudo sobre a temperatura na impermeabilização com manta asfáltica em lajes de cobertura com e sem jardim, atualmente conhecidas como telhados verdes. A Figura 3 apresenta os gráficos com a variação da temperatura na impermeabilização para um dia de verão.

Enquanto na laje sem o jardim a temperatura na impermeabilização chegou a 70°C, naquela com jardim a máxima temperatura obtida foi de 30°C. Já a amplitude térmica diária ( $\Delta T$ ) no verão ficou entre 42 a 47°C na manta da laje referência e, na laje com telhado verde, a variação foi de 5 a 7°C. Essa redução na temperatura da laje de cobertura resulta em menores tensões na camada impermeável, podendo estender a vida útil da manta asfáltica (LIU, 2003).



**Figura 3:** Perfil da temperatura na cobertura em um dia de verão

Fonte: Liu (2003)



### 3. METODOLOGIA

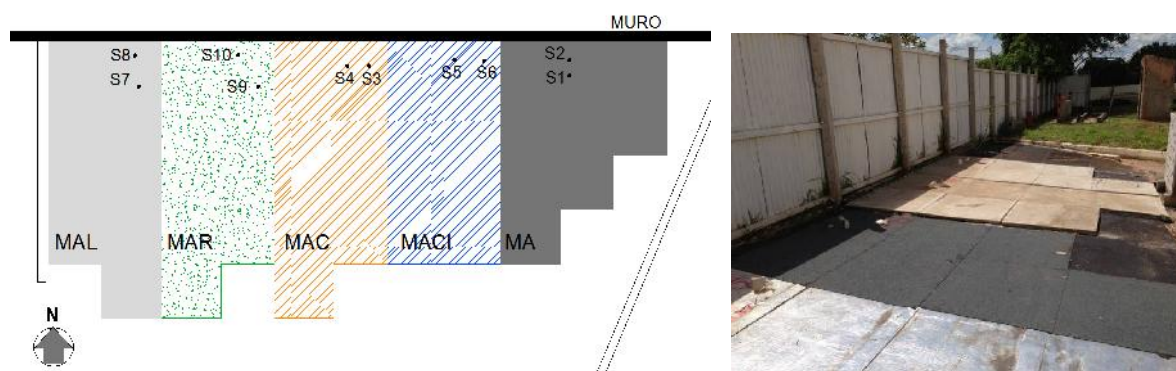
Buscando atingir o objetivo proposto neste trabalho, seguiram-se os passos descritos a seguir, permitindo medir as temperaturas nas mantas asfálticas expostas e então obter as variações de temperaturas nas mesmas.

As mantas asfálticas utilizadas e as condições de exposição de cada uma delas, assim como a nomenclatura utilizada, encontram-se apresentadas na Tabela 2 a seguir.

**Tabela 2:** Mantas asfálticas e condições de exposição

MANTA ASFÁLTICA	CONDIÇÃO	SIGLA ADOTADA
Manta asfáltica aluminizada	Exposta	MAL
Manta asfáltica ardosiada	Exposta	MAR
Manta asfáltica	Exposta	MA
	Com proteção mecânica	MAC
	Com isolamento térmico e proteção mecânica	MACI

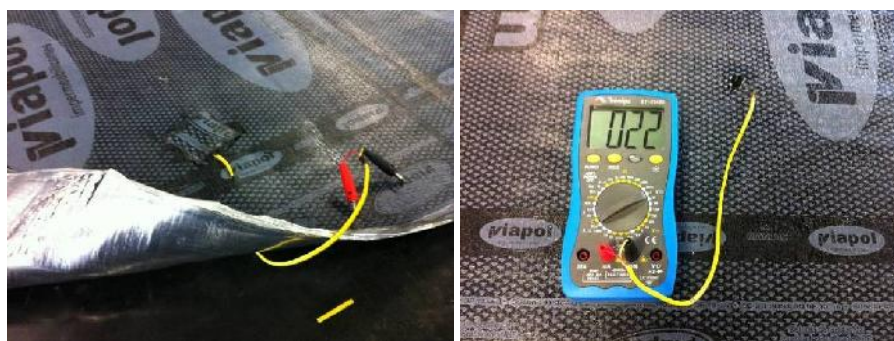
As mantas foram todas instaladas em área externa no Laboratório de Ensaio de Materiais do Centro Universitário de Brasília (UniCEUB). Como serão realizados outros estudos, foram instalados nove metros quadrados de cada uma das combinações mostradas na Tabela 2. A Figura 4 apresenta um esquema e uma ilustração das mantas asfálticas e dos sensores para medida da temperatura, instaladas em contrapiso existente, sobre terra, em local aberto.



**Figura 4:** Disposição das mantas e sensores em área externa

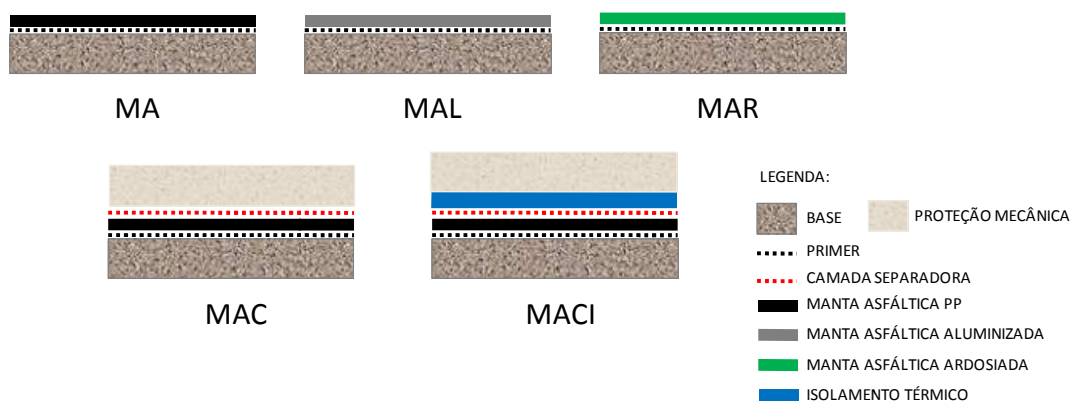
Os materiais utilizados nesta pesquisa foram: mantas asfálticas; isolamento térmico e contrapiso de proteção mecânica. As mantas asfálticas e o isolamento térmico foram doados pela empresa Viapol e os insumos para execução do contrapiso foram os disponíveis no UniCEUB.

As mantas foram instaladas em uma área externa, em fevereiro de 2013. Em um mesmo metro quadrado, foram instalados dois sensores termopares para obtenção da temperatura em cada uma das tipologias analisadas. A Figura 5 ilustra a instalação dos sensores e o teste para verificar se estavam medindo a temperatura, neste caso 22°C.



**Figura 5:** Instalação dos sensores termopares

Na Figura 6, são apresentadas, de forma esquemática, as camadas de cada uma das tipologias de mantas asfálticas estudadas e montadas em laboratório: MAL; MAR; MA; MAC e MACI.



**Figura 6:** Camadas que compõem os sistemas de impermeabilização

Com o objetivo de determinar qual dos sistemas de impermeabilização com manta asfáltica apresentados tem a menor amplitude térmica mensal ao longo de um ano, foram monitoradas as temperaturas em todas elas, utilizando sensores termopares.

Os sensores foram numerados de 1 a 10, sendo instalados dois para cada sistema de impermeabilização. As temperaturas foram medidas de segunda à sexta-feira, durante doze meses, começando em março de 2013 e finalizando em fevereiro de 2014.

Além da temperatura na manta asfáltica, mediu-se a temperatura ambiente utilizando um termômetro digital. As duas temperaturas, ambiente e na manta asfáltica eram realizadas nos mesmos horários: 7:30; 14h e 17h.

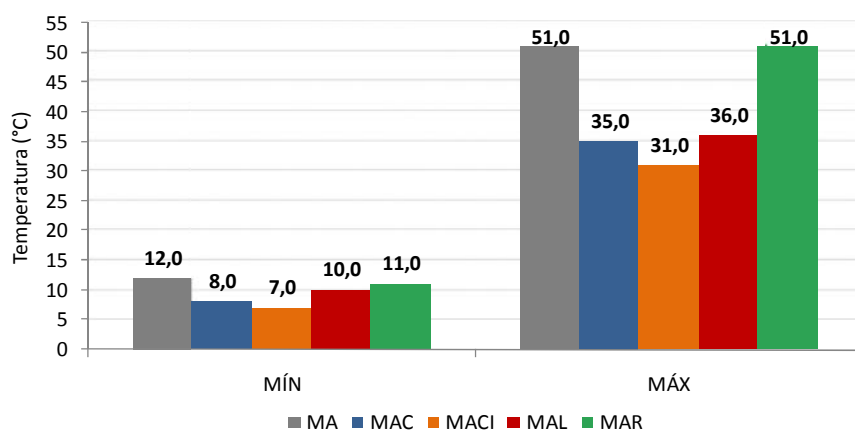
#### 4. RESULTADOS E ANÁLISE

Neste item, apresenta-se uma compilação dos resultados obtidos, bem como a análise dos dados. Serão apresentadas as amplitudes térmica mensal e diária. Também será avaliada a frequência das medidas realizadas ao longo de um ano de exposição das mantas asfálticas e, por fim, a análise visual da degradação superficial das mantas.

Para facilitar a análise comparativa, as mantas foram agrupadas, sendo o Grupo I constituído pelas manta asfáltica exposta (MA), manta asfáltica com contrapiso (MAC) e a manta com contrapiso e isolamento térmico (MACI). O Grupo II são as mantas sem proteção e autoprotégidas: manta asfáltica exposta (MA); manta aluminizada (MAL) e manta ardosiada (MAR).

O gráfico da Figura 7 apresenta as temperaturas mínimas e máximas anuais para cada uma das mantas estudadas. Verifica-se que as mantas asfálticas exposta, aluminizada e ardosiada (Grupo II) apresentaram temperaturas mínimas similares, já as mantas com proteção mecânica tiveram menores temperaturas e bem próximas, 8°C para a MAC e 7°C para a MACI.

Avaliando as temperaturas máximas anuais, verifica-se que as mantas asfálticas exposta e ardosiada apresentaram as maiores temperaturas (51°C). As demais apresentaram uma redução significativa na temperatura máxima, ficando entre 31° e 36°C, sendo o melhor resultado para a manta com isolamento térmico, como esperado.



**Figura 7:** Temperaturas máximas e mínimas absolutas

Os valores obtidos estão próximos dos citados por Cunha e Neumann (1979), de 50°C para uma membrana impermeável exposta, sendo que, neste trabalho, obteve-se 51°C. Os mesmos autores citam que, no caso da manta sob o isolamento, as temperaturas ficam por volta de 25 a 30°C e, no caso em estudo, ficaram entre 7 e 31°C. A manta com contrapiso (MAC) teve valores ligeiramente superiores a MACI, ficando entre 8° e 35°C.

Assim, a diferença ocorreu nas temperaturas mínimas, o que pode ser explicado pelo fato de as mantas estarem aplicadas em contrapiso sobre terra, resultando em menores temperaturas, quando aplicadas sobre laje.

As mantas asfálticas fabricadas no Brasil devem apresentar flexibilidade nas temperaturas de -10°, -5° e 0°C, dependendo de sua classificação em classe A, B ou C, respectivamente. Pelo observado, todas as mantas fabricadas, dentro dos parâmetros mínimos de norma, atenderiam à região de Brasília, sem comprometer a flexibilidade.

Contudo, vale ressaltar que a flexibilidade à baixa temperatura das mantas asfálticas está relacionada ao teor e ao tipo de polímeros utilizados em sua fabricação. Apesar de a manta classe C atender as temperaturas verificadas em Brasília, as mantas classe A apresentam flexibilidade por maior período de tempo, portanto, maior vida útil.



Outro parâmetro de ensaio previsto na norma de manta asfáltica (NBR 9952, 2007) é que o asfalto não deve escorrer nem se deformar na temperatura de 95°C. Todas as mantas tiveram temperaturas máximas bem inferiores para a cidade de Brasília, nas condições de exposição do laboratório de materiais do UniCEUB.

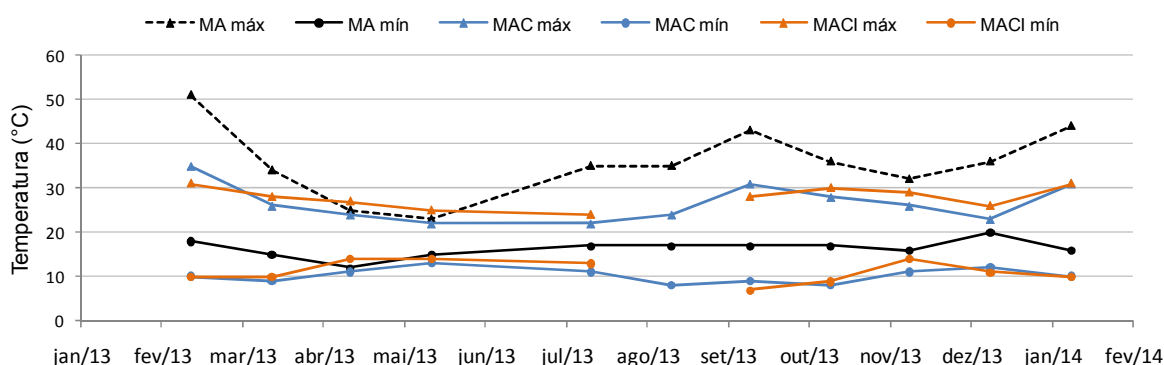
#### 4.1 Amplitude térmica

Neste item serão apresentados os resultados da amplitude térmica em cada uma das mantas estudadas. Primeiramente, serão analisadas as variações de temperatura mensal, durante os meses de monitoramento. Posteriormente, as variações da temperatura ao longo de um mesmo dia.

##### 4.1.1 Mensal

Os resultados obtidos para as temperaturas máximas e mínimas, em graus Celsius, nas mantas asfálticas do Grupo I, encontram-se apresentados na Figura 8. A manta MACI não apresentou resultados no mês de setembro de 2013 por falha nos sensores termopares que tiveram que ser reparados.

Para cada manta existem duas linhas da mesma cor, sendo a linha com os marcadores em forma de círculo indicadora das temperaturas mínimas e as linhas com triângulo das temperaturas máximas.

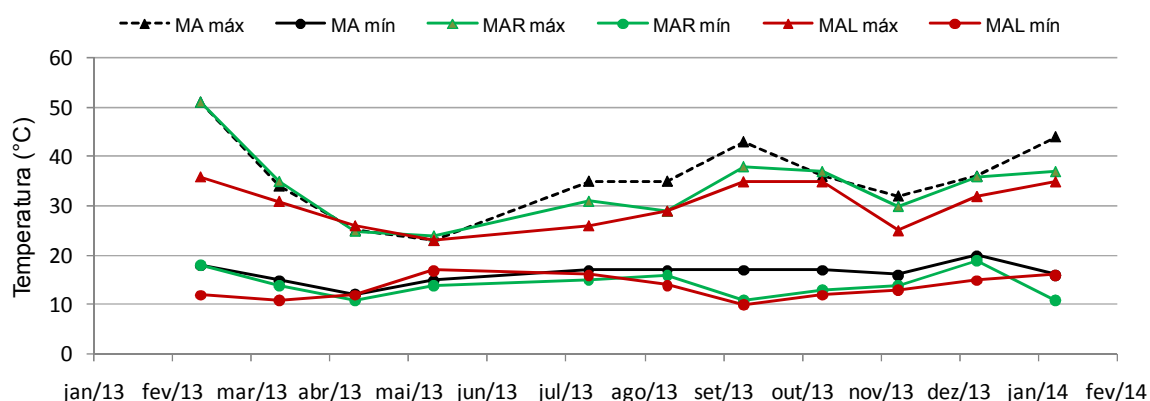


**Figura 8:** Temperaturas máximas e mínimas nas mantas do Grupo I

Como esperado, a manta asfáltica exposta foi a que apresentou maiores temperaturas, tanto mínimas como máximas, ao longo dos doze meses. Contudo, as mantas com e sem isolamento térmico (MACI e MAC) apresentaram comportamentos similares, diferentemente do que se esperava. Pois, de acordo com a bibliografia, a camada de isolamento resultaria em menores amplitudes térmicas.

Alguns fatores que podem ter afetado o resultado seriam a instalação das mantas no contrapiso sobre terreno natural, o que resulta em condição diferente de uma laje de cobertura, principalmente com relação às trocas de calor. Outra questão seria a sombra gerada pelo muro nos sensores, influenciando também nas temperaturas obtidas.

A Figura 9 apresenta os resultados das temperaturas máximas e mínimas para as mantas do Grupo II entre março de 2013 e fevereiro de 2014. Observa-se, de forma geral, que as mantas apresentaram valores próximos, tanto para as temperaturas máximas como para as mínimas. Todavia, verifica-se que a MA teve temperaturas ligeiramente superiores, seguida da MAR. E a manta aluminizada foi a que apresentou menores amplitudes térmicas.



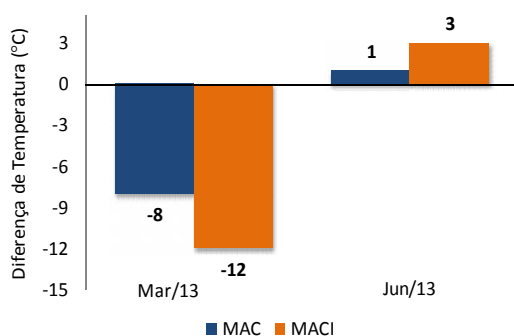
**Figura 9:** Temperaturas máximas e mínimas nas mantas do Grupo II

Com o intuito de verificar a eficiência na redução da amplitude térmica ao utilizar somente o contrapiso ou o contrapiso e o isolamento térmico, elaborou-se os gráficos apresentados nas Figura 10 e 11. Escolheu-se um mês mais quente (Mar/13), um mês mais frio (Jun/13) para verificar a eficiência das mantas MAC e MACI em relação à manta asfáltica exposta.

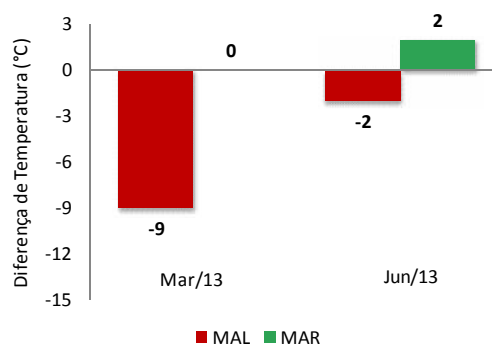
No mês de março, a introdução do isolamento térmico (MACI) resultou em uma redução de 4°C no mês mais quente, quando comparada com a manta com contrapiso (MAC). Porém, para os meses mais frios de Brasília, o comportamento das mantas é similar.

No caso das mantas do Grupo II apresentadas na Figura 11, a eficiência da manta aluminizada foi superior, principalmente no mês mais quente, ficando 9°C abaixo da amplitude térmica da manta asfáltica exposta. Contudo, a manta ardosiada teve o mesmo comportamento da manta exposta no mês mais quente (março). No mês mais frio, a amplitude térmica foi similar para todas as mantas, diferindo apenas 2°C, para mais ou para menos.

De forma geral, pode-se colocar as mantas asfálticas em ordem decrescente de desempenho, ou seja, do melhor para o menor, com relação à amplitude térmica, considerando o mês mais quente monitorado neste trabalho: MACI; MAC = MAL; MAR e, por fim, a MA.



**Figura 10:** Eficiência das mantas do Grupo I



**Figura 11:** Eficiência das mantas do Grupo II

#### 4.1.2 Diária

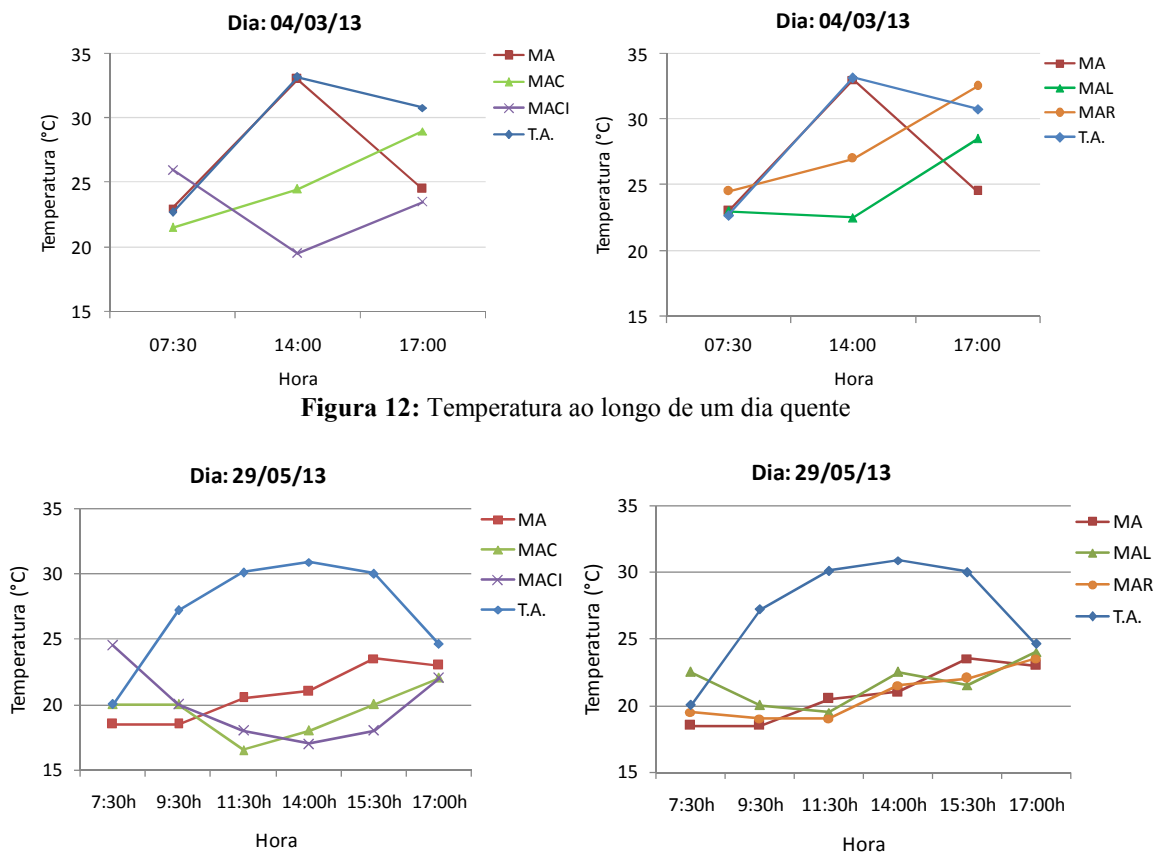
A seguir serão apresentados gráficos com o comportamento da temperatura nas mantas ao longo de um dia quente de março de 2013, Figura 12 e, na sequência, de um dia mais frio, no final do mês de maio, Figura 13. Verifica-se que, no dia mais quente, o comportamento das mantas é bem diferente. Já no dia mais frio, as temperaturas das mantas ficam mais próximas.

A manta com contrapiso (MAC) apresentou aumento da temperatura ao longo do dia 04/03/2013, saindo de 21,5°C e chegando a 29°C no final do dia, diferentemente do dia 29/05/2013, que variou de 16,5°C a 22°C, de forma não linear.

O comportamento da manta asfáltica com isolamento térmico (MACI) foi bem diferenciado, começando com temperaturas mais altas (26°C) e caindo para 19,5°C no horário das 14h e voltando a subir para 23,5°C ao final do dia. Este comportamento pode ser explicado pelo retardo no fluxo de calor causado pelo isolante térmico.

Portanto, a redução da temperatura, no horário das 14h, devido à presença do isolante térmico foi de 5°C quando comparada com a manta com contrapiso (MAC) e de 13,7°C em relação a manta exposta.

As mantas autoprotegidas, quando submetidas a dias quentes, apresentam diferentes comportamentos, sendo que a manta aluminizada teve menores temperaturas, 22,7°C a 28,5°C, enquanto a ardosiada ficou entre 24,5°C a 32,5°C. Já no dia mais frio, o comportamento foi muito próximo.



**Figura 12:** Temperatura ao longo de um dia quente

**Figura 13:** Temperatura ao longo de um dia frio

## 4.2 Frequência das temperaturas

Buscando avaliar todas as medidas realizadas ao longo dos doze meses de monitoramento, próxima de novecentas para cada manta e quase quinhentas da temperatura ambiente, levantou-se a frequência das temperaturas, apresentada na Tabela 3. O intervalo das temperaturas foi de 5°C, partindo de 0°C até 60°C.

Nota-se que, praticamente todas as medidas de temperatura nas mantas ficaram entre 10 e 35°C. Já as temperaturas médias foram próximas, sendo a menor da manta MAC (19°C) e a maior das mantas MA e MAR (23°C). Porém, o desvio padrão (DP) foi menor para as mantas MACI e MAL e a MA foi a que apresentou o maior valor (4,85%).

Ou seja, as temperaturas oscilaram mais para a manta asfáltica exposta, enquanto a manta com isolamento térmico e acabamento em alumínio foram as que sofreram menor variação de temperatura.

**Tabela 3:** Frequência temperaturas

T (°C)	MA		MAC		MACI		MAL		MAR		TA	
-	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
0,1 - 5	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
5,1 - 10	0	0%	34	3%	19	2%	1	0%	0	0%	0	0%
10,1 - 15	7	1%	126	13%	82	9%	37	4%	17	2%	0	0%
15,1 - 20	272	27%	409	41%	328	37%	252	26%	278	28%	35	8%
20,1 - 25	529	53%	358	36%	389	43%	519	53%	513	52%	157	34%
25,1 - 30	98	10%	61	6%	78	9%	132	13%	133	13%	172	37%
30,1 - 35	63	6%	4	0%	2	0%	42	4%	40	4%	89	19%
35,1 - 40	18	2%	0	0%	0	0%	1	0%	12	1%	7	2%
40,1 - 45	7	1%	0	0%	0	0%	0	0%	1	0%	0	0%
45,1 - 50	3	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
50,1 - 55	1	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	0%	0	0%
SOMA	998		992		898		984		995		460	
MÉDIA (°C)	23		19		20		22		23		26	
DP (°C)	4,85		4,31		4,05		3,99		4,18		4,27	
CV (%)	21,0%		22,2%		19,8%		17,7%		18,4%		16,3%	
MÍNIMO	12		8		7		10		11		17,2	
MAXIMO	51		35		31		36		51		36,6	

Outra análise importante é verificar o número de registros no intervalo de temperatura que se encontra as máximas e mínimas de cada manta. No caso das temperaturas máximas, nota-se que, em todas as mantas, sua frequência foi de praticamente 0%, destacadas na cor vermelha.

Já para as temperaturas mínimas, o intervalo é um pouco mais recorrente, porém chega a no máximo 3% para a MAC (5,1-10°C), marcado em azul. Portanto, apesar de as mantas atingirem as temperaturas máximas e mínimas já apresentadas, a frequência das mesmas não é significativa.













### 4.3 Análise visual

A análise visual foi realizada por meio de fotografias das mantas, tiradas após a instalação, ou seja, tempo zero de exposição. Posteriormente, foram retiradas fotos nas idades de 6, 9 e 12 meses para as mantas do Grupo II.

A Tabela 4 apresenta o estado superficial das mantas do Grupo II. Não foi possível tirar a foto sempre no mesmo horário e na mesma posição das mantas, o que compromete parcialmente a análise. Contudo, é nítido que todas as mantas apresentaram desgaste superficial, sendo a que apresentou o maior comprometimento foi a manta asfáltica exposta, seguida pela aluminizada. A manta ardosiada foi a que teve menor desgaste de todas as três do Grupo II.

No caso da manta aluminizada, verifica-se uma maior oxidação do filme de alumínio na região da emenda, pois neste local ocorre acúmulo de água, o que favorece o fenômeno.

**Tabela 4:** Análise visual das mantas do Grupo II













MANTA	ZERO	6 MESES	9 MESES	12 MESES
MAL				
MAR				
MA				

As mantas do Grupo I também foram avaliadas, retirando-se a proteção mecânica nas idades de 6, 10 e 12 meses. A Tabela 5 apresenta as figuras do estado superficial das mantas. Verifica-se que a manta exposta (MA) apresentou degradação, inclusive com a destruição do filme de polietileno no qual consta a logomarca do fabricante, em menos de 10 meses.

Enquanto as mantas com proteção mecânica (MAC e MACI) praticamente não sofreram alteração quando analisadas visualmente, estando o filme de polietileno intacto. Em algumas fotos, verifica-se manchas, porém, se devem ao pó da proteção mecânica que foi removida.



**Tabela 5:** Análise visual das mantas do Grupo I

MANTA	ZERO	6 MESES	10 MESES	12 MESES
MA				
MAC				
MACI				

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que foram atingidos os objetivos descritos no início deste trabalho. De forma geral, as temperaturas não tiveram diferenças significativas, porém, ao analisar os dias mais quentes, a manta com isolamento térmico foi a que apresentou os melhores resultados. No caso das mantas autoprotégidas, o melhor resultado foi para a manta aluminizada, devido à reflexão dos raios solares, corroborando com a hipótese levantada. Outros pontos verificados durante este trabalho foram:

- Apesar dos resultados próximos, a manta asfáltica exposta, utilizada como referência, foi a que apresentou as maiores temperaturas, bem como amplitude térmica, seguida pela manta ardosiada, aluminizada, com contrapiso e por fim a manta com isolamento térmico, que apresentou as menores variações de temperatura;
- A manta com isolamento térmico apresentou uma redução na temperatura máxima, bem como na amplitude térmica, de 4°C, quando comparada com a MAC, durante um dia quente, na cidade de Brasília;
- As temperaturas obtidas nas mantas expostas na cidade de Brasília são maiores que as previstas na norma NBR 9952 para o ensaio de flexibilidade à baixa temperatura. Bem como as máximas temperaturas estão abaixo da temperatura de 95°C estabelecida para o ensaio de escorrimento pela mesma norma;
- O isolamento térmico resultou em menores temperaturas no horário de pico (14h). Portanto, além de reduzir a temperatura na manta resulta em conforto térmico e, conseqüentemente, redução na deformação da estrutura e consumo de energia;

- A manta aluminizada apresentou temperaturas menores que a manta ardosiada quando submetida a maiores temperaturas ambientes devido à reflexão dos raios solares pelo filme de alumínio;
- As mantas com contrapiso (MAC e MACI) não apresentaram nenhum tipo de desgaste superficial. Já a mais comprometida foi a manta asfáltica exposta, como já esperado, pois a mesma não suporta a degradação dos raios UV, devendo sempre ser protegida;
- Apesar das menores temperaturas, a manta aluminizada foi a que apresentou um desgaste superficial significativo, com oxidação do filme de alumínio com perda do brilho;

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, Bianca. Construção estanque. **Construção Mercado**, São Paulo, n. 39, p.183 – 188, periodicidade: mensal, 2004.

ARANTES, Y. K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil**. 67f. Monografia (Especialização em Construção Civil), UFMG, Belo Horizonte, 2007.

ARAÚJO, T. D. P. Notas de aulas Construção de Edifícios I – Impermeabilização. UFC, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**. Impermeabilização – Seleção e Projetos. Rio de Janeiro: (ABNT) 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: (ABNT) 2013.

BEECH, J. C. **Durability Assessment of Roofing Membranes**. International Symposium on Roofing Technology. Garston, Watford, United Kingdom, 1991.

BRANCO, F. PAULO, P. GARRIDO, M. **Boletim Técnico Vida útil na Construção Civil**. Mérida: ALCONPAT, 2013

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CUNHA, A. G., NEUMANN, W. Manual de impermeabilização e isolamento térmico – Como projetar e executar. Rio de Janeiro: Nórdica, 1979.

GRANATO, J. E. Novas tendências da impermeabilização com foco na sustentabilidade e preservação do meio ambiente. São Paulo: Notas de aula, 2013.

LIU, K. **Engineering performance of rooftop gardens through field evaluation**. RCI 18<sup>th</sup> International Convention and Trade Show. Tampa, Florida, USA. 2003.

PICCHI, F.A. **Impermeabilização de coberturas**. São Paulo: Editora Pini, 1986.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 10<sup>a</sup> ed. São Paulo. Pini: Sinduscon, 2009

ZUBELLI, J. C. Aditivos e impermeabilização em edifícios. n/d